

スポーツ科学研究, 12, 74-83, 2015 年

高校生野球選手の走速度と床反力の関係について

The Relationship between sprint speed and ground reaction force in high school baseball player

関根悠太¹⁾, 岡田純一²⁾¹⁾日本体育大学体育学部体育学科²⁾早稲田大学スポーツ科学学術院Yuta Sekine¹⁾, Junichi Okada²⁾¹⁾Faculty of Sport Science, Nippon Sport Science University²⁾Faculty of Sport Sciences, Waseda University

キーワード: 床反力, 野球, 走速度, スタート

Key words: ground reaction force, baseball, sprint speed, starting

[抄 録]

野球において、走速度は重要な要素である。床反力が加速局面における走速度に影響を及ぼす要因であることは明らかである。しかし、野球のスプリントのスタート時および加速局面の初期にあたる局面における走速度と床反力の関係は明らかでない。そこで本研究は、高校生を対象としてスプリントの局面をスタート局面、初期加速局面および移行局面に分類し、各々の局面における走速度と床反力の関係を明らかにすることを目的とした。

硬式野球部に所属する健康な男子高校生 22 名を本研究の対象とし、0-5m(スタート局面)、5m-10m(初期加速局面)、10m-15m(移行局面)における走速度を測定した。また、スタート時の左足、右足、左足 1 歩目、5m および 10m 地点における床反力の推進成分および鉛直成分の最大値および力積を測定した。また、床反力の推進成分と鉛直成分の値から床反力を算出し、床反力に対する推進成分の割合として床反力の比率を求めた。

スタート局面における走速度とスタート時の左足、左足 1 歩目における床反力の推進成分の最大値との間には有意な正の相関関係が認められた。また、スタート局面における走速度とスタート時の左足、右足、および左足 1 歩目における床反力の推進成分の力積および床反力の比率との間には有意な正の相関関係が認められた。初期加速局面における走速度と 5m 地点における床反力の推進成分の最大値、力積および床反力の比率との間には有意な正の相関関係が認められた。移行局面における走速度と 10m 地点における床反力の鉛直成分の最大値との間には有意な正の相関関係が認められた。移行局面における走速度と 10m 地点における床反力の推進成分および床反力の比率との間には相関関係は認められなかった。

これらのことから、野球のスプリントのスタート局面および初期加速局面においては床反力の推進成分が重要な因子であること、移行局面においては床反力の鉛直成分が重要な因子であることが明らかとなった。また、通常のスプリントのスタートに比べ、野球のスプリントのスタート時には、床反力における推進成分の割合が増大することが明らかとなった。床反力の推進成分および鉛直成分が走速度に貢献する大きさは、スタート局面、初期加速局面および移行局面において異なる可能性が示唆された。

スポーツ科学研究, 12, 74-83, 2015年, 受付日: 2014年6月16日, 受理日: 2015年8月19日

連絡先: 関根悠太 〒158-8508 東京都世田谷区深沢 7-1-1 日本体育大学世田谷キャンパス

スポーツ・トレーニングセンター y-sekine@nittai.ac.jp

I 緒言

野球は、投力、打力など、様々な能力が求められる

スポーツである。走速度もまた重要な要素であり、勝利を得るためには欠くことのできない要素である。高い走

速度は、野球の攻撃、守備の両場面において必要とされる。走速度が高い選手が所属するチームは試合において有利とされる(Coleman and Lasky 1992, Coleman and Duper 2004, Szymanski and Fredrick 2001)。

攻撃の際、打者および走者が塁間の距離(27.431m)より長い距離を直線的に走る場面は多くみられない。守備の際も、捕球姿勢の開始までの間における直線的な走動作は短い時間で終了する。これらのことから、野球におけるスプリントは 30m 以下の距離で頻発することが考えられる。この距離は、100m スプリントの一般的な局面の分類においては初期加速局面(0-10m)および加速局面(0-30m)に相当する(Delecluse 1997, McFarlane 1993, Murphy ら 2003)。McFarlane(1993)は、スプリントの加速局面をさらに Pure Acceleration Phase(0-12m)および Transition Phase(12m-30m)に分類し、各々の局面に特異的なトレーニング方法について報告した。また、Delecluse ら(1997)はスプリントの 0-10m を Initial Acceleration Phase とし、10m-36m を Transition Phase として加速局面の分類を行った。このように、加速局面はいくつかの先行研究によってさらに局面の分類が行われている。加速局面の走速度は野球を含む多くのフィールドスポーツにおいて重要であるとされ(Murphy ら 2003)、特に、試合の中での重要な局面において、スタートから数歩で終了するスプリントは頻発する(Penfold and Jenkins 1996)。これらのことから、スプリントのスタート時および加速局面の初期における走速度は野球において重要であると考えられる。Mero ら(1992)は、走速度は様々な生体力学的変数の影響を受け、この変数には、反応時間、筋力、神経学的要因などに加えて、接地の際に発生する床反力も含まれることを報告した。先行研究において、スプリントの加速局面における走速度と床反力の推進成分の最大値、力積および力の平均値の間には正の相関関係が認められている(Hunter ら 2005, Mero 1988, Mero ら 1992)。

野球の走塁時のスタートは、進塁および帰塁の 2 つの方向に身体を移動できる姿勢を取る必要があり、スタートに至るまでの間は両脚に均等に荷重する。この姿勢は、進行方向が予め定まっておき、スタート直後の姿勢変化が矢状面上で行われることが多い陸上競技の短距離走のスタートと大きく異なる。疾走中においては、塁間を走り抜けるだけではなく、スライディングを用いて止まる、走速度を制動して塁上に止まる、あるいは大き

く回り込み、さらに先の塁へ進路を変えるといった特徴がある。加速局面における走速度と床反力の関係性について検討されたこれまでの先行研究の知見は、スターティングブロックを用いたスタート(Mero 1988)、あるいは進行方向に身体の前面向けた状態で行われるスタンディングスタートによるスプリントから得られたものが多い(Hunter ら 2005)。野球において、加速局面の初期における走速度は勝つための重要な因子である(Coleman and Amonette 2012, Szymanski and Fredrick 2001)にも関わらず、スタート形式の異なる野球のスプリントにおける走速度と床反力の関係性が、スターティングブロックを用いたスタートやスタンディングスタートによるスプリントの加速局面における走速度と床反力の関係性と同様に認められるかについては明らかとされていない。

そこで、本研究は対象を高校生の野球選手として、先行研究からスプリントの局面をスタート局面、初期加速局面および移行局面に分類し、各々の局面における走速度と床反力の関係を明らかにすることを目的とした。

II 方法

1. 被験者

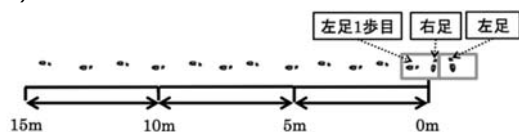
硬式野球部に所属する健康な男子高校生 22 名(年齢:16.7 ± 0.5 歳, 身長:168.8 ± 7.1cm, 体重:60.1 ± 7.6kg)を本研究の対象とした。全ての被験者とその保護者、チーム代表者に対して、本実験の詳細の説明および安全性についての説明を行い、書面による同意を得た。本研究は、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認を受けた後に実施された(承認番号:2010-258)。

2. 測定方法

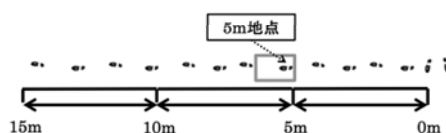
全ての被験者に、ゴム製のソールの運動靴を着用させた。実験に先立ち、20 分間のウォーミングアップ(ランニング 5 分間、スタティックストレッチング 5 分間、ダイナミックストレッチング 10 分間)およびスプリント(5m × 4, 10m × 2, 20m × 1, 30m × 1)を行わせた。

被験者は、2 枚のフォースプレート(FP6012-15, Bertec 社製)を埋設した体育館の走路で、15m スプリントを以下のスタート位置より各 2 試行ずつ、計 6 試行を行った(図 1)。

1) フォースプレート上



2) フォースプレートより 5m 後方



3) フォースプレートより 10m 後方

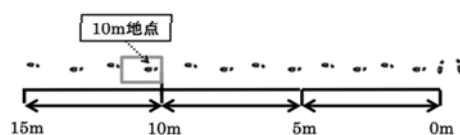


図 1. スタート地点および床反力の測定地点

- 1) フォースプレート上(0m 地点の前後にフォースプレート)
- 2) フォースプレートより 5m 後方(5m 地点にフォースプレート)
- 3) フォースプレートより 10m 後方(10m 地点にフォースプレート)

スタート地点を後方に位置することで, 5m および 10m 地点通過後 1 歩目の床反力データの測定を行った. スタートは, 進行方向に対し, 身体の前面向を約 90° 左に向けた状態でのスタンディングスタートとし, 被験者が野球の試合の際に行う盗塁時のスタートの姿勢で行わせた(図 2). 全ての被験者において, スタートの際に右

足を離地した状態で, 左足を軸にして進行方向に対して身体の前面向を向ける動作が認められた. そのため, 被験者のスタート方法には制限を設けなかった. スタートの合図には, 点灯時間の調節が可能である LED ランプ(PH-106, DKH 社製)を用いた. LED ランプは, 投手の位置を模して, スタートの姿勢を取っている被験者に対して右斜め約 50° , 19m 離れた地点に配置された(図 2). 全ての被験者に対し, 点灯している LED ランプが消灯した瞬間にスタートをするように指示した. 被験者は 1 試行毎に各スタート地点に歩いて戻り, 次の試行まで 2 分間の休息が与えられた.

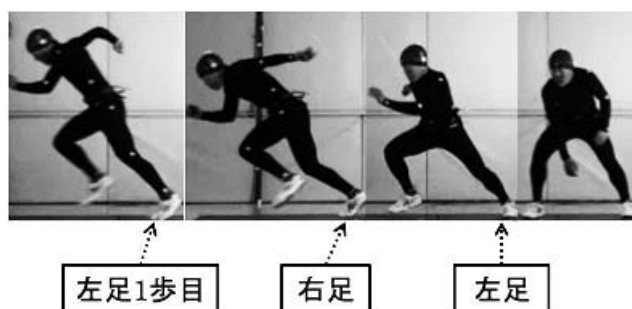


図 2. スタートの姿勢

3. 走速度の測定

SPEED METER(VMS-003, VINE 社製)を用いて走速度の測定を行った. 本装置は, 被験者に装着するフック, スtring, 軸の回転パルス検出を行うロータリーエ

ンコーダー, スtringを巻き取るリールおよびリールを動作させるモーターから構成されている. 被験者は予め臍下約 10cm の位置に野球用ベルトを着用し, ベルトの後部にフックを装着した状態で試行を行った. ロータ

リーエンコーダーから発生するパルス信号は、インターフェースを介して数値データに変換され、500Hz でパーソナルコンピュータに出力された。これらのデータをもとに、ストリングの牽引された距離から、0-5m をスタート局面、5m-10m を初期加速局面、10m-15m を移行局面とし、各局面における走速度を算出した。

4. 床反力の測定

フォースプレート(FP6012-15, Bertec 社製)を用いて以下の地点における床反力の測定を行った。(図 1)

1) スタート時の床反力:2 台のフォースプレート上に左右の足をそれぞれ配置し、スタート時の左足、スタート時の右足およびスタート後の左足一歩目の床反力を測定した。

2) 5m, 10m 地点の床反力:左右の足に関わらず、各地点通過後 1 歩目の床反力を測定した。

各地点における進行方向に対する床反力の推進成分および鉛直成分の測定を行った。床反力の信号は Vital Recorder2 (KISSEI COMTEC社製)を介し、サンプリング周波数1000Hzでパーソナルコンピュータに取り込まれた。その後、解析ソフト(Kine Analyzer , KISSEI COMTEC社製)を用いて解析を行い、床反力の推進成分および鉛直成分の最大値を求めた。また、床反力の推進成分および鉛直成分を作用時間で積分し、各成分の力積を算出した(式①)。スタート時の右足、左足1歩目、5m地点、10m地点における作用時間は、各地点の足接地時において床反力の推進成分および鉛直成分の値が10N以上になった時点から25N未満に減少するまでの時間として測定された(Hunterら 2005)。スタート時の左足は、進行方向に対して身体の前面を向ける際に離地することなく軸足として床反力を獲得する。そのため、スタート時の左足における作用時間は、スタートの姿勢を取り、静止した状態で観察された床反力の推進成分および鉛直成分の値を基準とし、スタートの合図後に10N以上になった時点から25N未満に減少するまでの時間として測定された。さらに、床反力が作用する方向を調べるため、床反力の推進成分と鉛直成分

の値から床反力を算出し(式②)、床反力に対する推進成分の割合として、床反力の比率(ratio of forces applied onto the ground)を求め、接地中における平均値を算出した(Morin, 2011)(式③)。

$$\text{式①} \cdots F_{\text{pro.}} \text{の力積} = \int_{t_{\text{pro.}A}}^{t_{\text{pro.}B}} F dt$$

$$F_{\text{ver.}} \text{の力積} = \int_{t_{\text{ver.}A}}^{t_{\text{ver.}B}} F dt$$

$$\text{式②} \cdots F_{\text{res.}} = \sqrt{F_{\text{ver.}}^2 + F_{\text{pro.}}^2}$$

$$\text{式③} \cdots \text{床反力の比率} = \frac{F_{\text{pro.}}}{F_{\text{res.}}}$$

$F_{\text{pro.}}$: 床反力の推進成分, $F_{\text{ver.}}$: 床反力の鉛直成分, $F_{\text{res.}}$: 床反力, $t_{\text{pro.}}$, $t_{\text{ver.}}$: 足接地時における床反力の推進成分および鉛直成分の作用時間 ($F_{\text{pro.}}$ および $F_{\text{ver.}}$ の値が 10N 以上になった時点から 25N 未満に減少するまでの時間)

5. 統計処理

スプリントのスタート局面、初期加速局面および移行局面において測定された走速度は絶対値で示し、平均値および標準偏差を算出した。床反力の比率を除く各床反力データについては、被験者の体重 1N あたりの値で示し、各項目の平均値および標準偏差を算出した。各局面において測定された走速度と床反力の関係は相関分析を用いてピアソンの相関係数を求め検討した。統計処理には IBM SPSS Statistics 19 (IBM SPSS 社製)を用い、いずれの数値も危険率5%未満をもって有意とした。

III 結果

各局面における走速度の平均値および標準偏差を表 1 に示した。また、各測定地点における床反力の推進成分、鉛直成分の最大値、力積および床反力の比率の平均値、標準偏差を表 2 に示した。

表 1. 各局面における走速度(平均値±標準偏差)

| | スタート局面 (0-5m) | 初期加速局面 (5m-10m) | 移行局面 (10m-15m) |
|----------|------------------|--------------------|-------------------|
| 走速度(m/s) | 3.48 ± 0.22 | 6.29 ± 0.25 | 7.05 ± 0.27 |

表 2. 各測定地点における床反力の推進成分, 鉛直成分の最大値, 力積および床反力の比率 (平均値±標準偏差)

| | 推進成分の最大値 (N / N) | 鉛直成分の最大値 (N / N) | 推進成分の力積 (N・s / N) | 鉛直成分の力積 (N・s / N) | 床反力の比率 (%) |
|------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| スタート時左足 | 0.89 ± 0.14 | 1.43 ± 0.16 | 0.86 ± 0.16 | 1.62 ± 0.39 | 43.0 ± 4.9 |
| スタート時右足 | 0.78 ± 0.09 | 1.41 ± 0.21 | 0.45 ± 0.15 | 0.81 ± 0.23 | 45.7 ± 4.5 |
| スタート時左足1歩目 | 0.85 ± 0.14 | 1.88 ± 0.18 | 0.18 ± 0.04 | 0.46 ± 0.08 | 38.0 ± 3.9 |
| 5m | 0.73 ± 0.11 | 2.39 ± 0.45 | 0.07 ± 0.02 | 0.34 ± 0.07 | 23.2 ± 2.1 |
| 10m | 0.67 ± 0.06 | 2.63 ± 0.43 | 0.04 ± 0.01 | 0.32 ± 0.05 | 18.3 ± 2.3 |

表 3 はスタート局面における走速度とスタート時の左足, 右足および左足 1 歩目における床反力の推進成分と鉛直成分の最大値, 力積および床反力の比率との相関関係を示したものである. スタート局面における走速度とスタート時の左足および左足 1 歩目における床反力の推進成分の最大値との間には有意な正の相関関係が認められた(左足: $p<0.001$, 左足 1 歩目: $p<0.05$). スタート局面における走速度とスタート時の右足における床反力の推進成分の最大値との間には有意な相関関係は認められなかった. また, スタート局面における走速度とスタート時の左足, 右足および左足 1 歩目における床反力の鉛直成分の最大値との間には有意な

相関関係は認められなかった. スタート局面における走速度とスタート時の左足, 右足および左足 1 歩目における床反力の推進成分の力積との間には有意な正の相関関係が認められた(左足: $p<0.05$, 右足: $p<0.05$, 左足 1 歩目: $p<0.05$). 一方, スタート局面における走速度とスタート時の左足, 右足, 左足 1 歩目における床反力の鉛直成分の力積との間には有意な相関関係は認められなかった. スタート局面における走速度とスタート時の左足, 右足および左足 1 歩目における床反力の比率との間には有意な正の相関関係が認められた(左足: $p<0.001$, 右足: $p<0.05$, 左足 1 歩目: $p<0.01$).

表 3. スタート局面(0-5m)における走速度とスタート時の床反力の関係

| | 測定地点 | 相関係数 |
|-----------------|-------|--------|
| 走速度と推進成分の最大値の関係 | 左足 | 0.69 † |
| | 右足 | 0.39 |
| | 左足1歩目 | 0.50 * |
| 走速度と鉛直成分の最大値の関係 | 左足 | 0.14 |
| | 右足 | 0.14 |
| | 左足1歩目 | -0.11 |
| 走速度と推進成分の力積の関係 | 左足 | 0.53 * |
| | 右足 | 0.42 * |
| | 左足1歩目 | 0.53 * |
| 走速度と鉛直成分の力積の関係 | 左足 | 0.12 |
| | 右足 | 0.02 |
| | 左足1歩目 | 0.30 |
| 走速度と床反力の比率の関係 | 左足 | 0.67 † |
| | 右足 | 0.52 * |
| | 左足1歩目 | 0.62** |

*... $p<0.05$ **... $p<0.01$ †... $p<0.001$

表 4 は初期加速局面における走速度と 5m 地点における床反力の推進成分と鉛直成分の最大値, 力積およ

び床反力の比率との相関関係を示したものである. 初期加速局面における走速度と 5m 地点における床反力

の推進成分の最大値および推進成分の力積との間には有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$). また, 初期加速局面における走速度と 5m 地点における床反力の推進成分の力積との間には有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$). 一方, 初期加速局面における

走速度と 5m 地点における床反力の鉛直成分の最大値および力積との間には有意な相関関係は認められなかった. 初期加速局面における走速度と 5m 地点における床反力の比率との間には有意な正の相関関係が認められた($p < 0.05$).

表 4. 初期加速局面(5m-10m)における走速度と 5m 地点の床反力の関係

| | 相関係数 |
|-----------------|--------|
| 走速度と推進成分の最大値の関係 | 0.47 * |
| 走速度と鉛直成分の最大値の関係 | -0.17 |
| 走速度と推進成分の力積の関係 | 0.48 * |
| 走速度と鉛直成分の力積の関係 | 0.17 |
| 走速度と床反力の比率の関係 | 0.52 * |

*... $p < 0.05$ **... $p < 0.005$ †... $p < 0.001$

表 5 は移行局面における走速度と 10m 地点における床反力の推進成分と鉛直成分の最大値, 力積および床反力の比率との関係を示したものである. 移行局面における走速度と 10m 地点における床反力の鉛直成分の最大値との間には有意な正の相関関係が認めら

れた($p < 0.05$). 移行局面における走速度と 10m 地点における床反力の推進成分の最大値, 力積, 床反力の鉛直成分の力積および床反力の比率の間には有意な相関関係は認められなかった.

表 5. 移行局面(10m-15m)における走速度と 10m 地点の床反力の関係

| | 相関係数 |
|-----------------|--------|
| 走速度と推進成分の最大値の関係 | 0.22 |
| 走速度と鉛直成分の最大値の関係 | 0.44 * |
| 走速度と推進成分の力積の関係 | 0.03 |
| 走速度と鉛直成分の力積の関係 | 0.29 |
| 走速度と床反力の比率の関係 | 0.23 |

*... $p < 0.05$

IV 考察

本研究は、床反力が野球のスプリントのスタート局面、初期加速局面および移行局面における走速度に及ぼす影響を明らかにすることを目的として行われた。その結果、スタート局面および初期加速局面における走速度と床反力の推進成分の最大値、力積および床反力の比率との間には有意な相関関係が認められた。また、移行局面における走速度と床反力の鉛直成分の最大値との間には有意な相関関係が認められた。これらの結果から、床反力の推進成分および鉛直成分が野球のスプリントの走速度に及ぼす影響はスプリントの局面によって異なると推察された。その理由として、スタート局面および初期加速局面においては野球のスプリントのスタート時における姿勢および接地した足の作用が、移行局面においては野球のスプリントで要求される特徴が考えられた。

スタート局面における走速度とスタート時の左足および左足 1 歩目における床反力の推進成分の最大値との間には有意な相関関係が認められた(左足: $r=0.69$, $p<0.001$ 左足 1 歩目: $r=0.50$, $p<0.05$)。また、スタート局面における走速度とスタート時の左足、右足および左足 1 歩目における床反力の推進成分の力積との間にはそれぞれ有意な正の相関関係が認められた(左足: $r=0.53$, $p<0.05$ 右足: $r=0.42$, $p<0.05$ 左足 1 歩目: $r=0.53$, $p<0.05$)。初期加速局面における走速度と5m 地点における床反力の推進成分の最大値、力積との間にはそれぞれ有意な正の相関関係が認められた(最大値: $r=0.47$, $p<0.05$ 力積: $r=0.48$, $p<0.05$)。先行研究において、スプリントのスタート直後に測定された床反力の推進成分の最大値および力積と走速度との間には有意な相関関係があることが報告されており(Mero 1988, Mero ら 1992)、スプリントのスタート局面および初期加速局面において、推進力の発揮の重要性が示唆されている。本研究においても先行研究と類似した結果が得られたことから、野球のスプリントのスタート局面および初期加速局面においても、床反力の推進成分は重要な因子であることが示唆された。加速局面における走速度と床反力の関係性について検討されたこれまでの先行研究の知見は、スターティングブロックを用いたスタート(Mero 1988)、あるいは進行方向に身体の前面を向けた状態で行われるスタンディングスタートによるスプリントから得られたものが多くみられた

(Hunter ら 2005)。本研究では進行方向に対し、身体の前面向を約 90° 左に向けた状態をスタートの姿勢として走速度の測定を行った(図 1)。この姿勢は、野球において走塁時に頻繁にみられると考えられた。スタートの際は、右足を離地し、左足を軸にして進行方向に対して身体の前面向を向ける動作がみられた。身体の前面向が進行方向へ移動を開始した後に右足が接地し、進行方向へ身体が移動を開始し、左足1歩目が接地する動作がみられた。スタート時の左足は、進行方向に対して身体の前面向を向ける際の軸足として機能すると考えられた。スタート局面における走速度と左足における床反力の推進成分の最大値との間に有意な相関関係が認められたことから、野球のスプリントのスタートでは、進行方向への移動を行うために、軸足となる左足が大きな推進力を発揮することが重要であると考えられた。スタート時の右足は、進行方向に対して身体の前面向を向けた後に接地する動作がみられた。このとき、身体の進行方向への移動速度は高くないため、接地した右足が地面を強く蹴ることによる進行方向への加速が求められると考えられた。スタート局面における走速度とスタート時の右足における床反力の推進成分の最大値との間に有意な相関関係は認められず、床反力の推進成分の力積との間に有意な相関関係が認められたことから、スタート時の右足においては力の大きさだけでなく、力を発揮する時間が重要であると考えられた。また、スタート時の左足および左足1歩目においてもスタート局面における走速度と床反力の推進成分の力積の間に有意な正の相関関係が認められたことから、スタート時の右足に加え、スタート時の左足、左足1歩目においても推進力の作用する時間が重要であると考えられた。本研究で行ったスプリントの測定では、牽制球を想定したスタートの課題は用いられなかった。このような課題があった場合、今回の結果とは異なる結果となる可能性も考えられた。

スタート局面における走速度とスタート時の左足、右足および左足 1 歩目における床反力の比率の間にはそれぞれ有意な正の相関関係が認められた(左足: $r=0.67$, $p<0.001$ 右足: $r=0.52$, $p<0.05$ 左足 1 歩目: $r=0.62$, $p<0.01$)。また、初期加速局面における走速度と5m 地点における床反力の比率の間にはそれぞれ有意な正の相関関係が認められた(5m: $r=0.52$, $p<0.05$)。床反力の比率は、床反力における推進成分の割合を示

す(Morin ら 2011). 床反力の比率と加速局面における走速度の間には有意な相関関係があることが報告されており(Morin ら 2011), 床反力の水平方向への発揮は, スプリントの加速局面において重要な要因であるとされる(Kawamori ら 2013, Morin ら 2011). 本研究の結果から, 床反力の発揮される方向は, 野球のスプリントのスタート局面および初期加速局面における走速度に影響を及ぼすことが考えられた. また, Kawamori ら(2013)によると, 足を前後に開き, 身体の前面を進行方向に向けた状態で行われたスプリントのスタート後 2 歩目において測定された床反力の比率は, $28.0 \pm 1.0\%$ であった. 本研究で測定されたスタート時の左足, 右足および左足 1 歩目における床反力の比率は, 先行研究における結果に比べ高い値を示した(左足: $43.0 \pm 4.9\%$, 右足: $45.7 \pm 4.5\%$, 左足 1 歩目: $38.0 \pm 3.9\%$). 本研究におけるスプリントの測定は, 進行方向に対して身体の前面を約 90° 左に向けた状態で行われる野球に特徴的なスタンディングスタートを用いて行われた. 野球のスプリントのスタートは通常のスプリントと異なり, スタート時から重心の位置が高く保たれているため重心の上昇が少ない, あるいはスタート時の接地時間が長いことが考えられた. これらのことから, 野球のスプリントのスタート時には通常のスプリントのスタート時に比べて床反力の鉛直成分を獲得する必要性が低くなったと考えられ, 結果として床反力の比率が高くなったと推察された.

移行局面の走速度と 10m 地点における床反力の鉛直成分の最大値との間には有意な相関関係が認められた($r=0.44$, $p<0.05$). Weyand ら(2006)は, 最高走速度と床反力の鉛直成分の力積の間には相関関係が認められたことから, 鉛直方向への力発揮の増大は最高走速度を向上させるための主要なメカニズムであると述べ, 鉛直成分の最大値は走速度の上昇に伴って増大すると報告した. また, Munro ら(1987)は走速度の上昇(3m/s から 5m/s)に伴う床反力の鉛直成分の最大値の増大($1.40 \pm 0.11\text{BW}$ から $1.70 \pm 0.08\text{BW}$)を報告した. Nigg ら(1987)も同様に走速度の上昇(3m/s から 6m/s)に伴う床反力の鉛直成分の最大値の増大($1331 \pm 225\text{N}$ から $2170 \pm 489\text{N}$)を報告した. これらの先行研究から, 走速度の向上に伴い, より大きな床反力の鉛直成分を獲得する必要があると考えられた. 本研究の結果から, 野球の走塁においては, 通常のスプリントと異なり, 移行局面(10m-15m 区間)において床反力の鉛直成分の

大きさが走速度の規程因子となる可能性が示された. 一方で, 移行局面における走速度と 10m 地点における床反力の推進成分の最大値, 力積および床反力の比率の間には有意な相関関係は認められなかった. 野球の進塁時には, 塁間を走り抜けるだけではなく, スライディング等を用いて止まる, 走速度を制動して塁上に止まる, あるいは大きく回り込み, さらに先の塁へ進路を変える必要があり, これらは野球のスプリントの加速局面における走動作の特徴であると考えられた. この特徴により, 陸上競技の短距離走の選手に比べ, 野球選手は加速局面の早期の段階で上体を起こす動作を行うことが求められると考えられた. このような走動作は普段の練習などにおいても頻繁に行われており, 本研究の被験者の走動作の習慣となっていたことが推察された. また, トップレベルの陸上競技の短距離選手は $45\text{m} \sim 55\text{m}$ の間に最高走速度に到達するのに対し, 非鍛錬者は $20\text{m} \sim 30\text{m}$ で最高走速度に到達する(Schmolinsky 2000)ことから, 陸上競技の短距離選手の加速局面と比較して, 非鍛錬者の加速局面は短いことが考えられた. 野球では, 攻撃の際, 打者および走者が塁間の距離(27.431m)より長い距離を直線的に走る場面は多くみられない. 守備の際も, 捕球姿勢の開始までの間における直線的な走動作は短い時間で終了することから, 野球のスプリントでは, 加速局面の前半において高い走速度を発揮することが要求されることが考えられた. これらのことから, 移行局面における走速度と床反力の推進成分との間には相関関係が認められず, 床反力の鉛直成分の間に有意な相関関係が認められたことについて, 野球のスプリントで要求される特徴が影響を及ぼす可能性が推察された.

本研究は高校生の野球選手を対象として, 先行研究からスプリントの局面をスタート局面, 初期加速局面および移行局面に分類し, 各々の局面における走速度と床反力の関係を明らかにすることを目的とした. その結果, スタート局面における走速度と床反力の推進成分および床反力の比率との間に有意な正の相関関係が認められた. また, 初期加速局面における走速度と床反力の推進成分および床反力の比率との間には有意な正の相関関係が認められた. 移行局面においては, 走速度と床反力の推進成分および床反力の比率の間には有意な相関関係は認められなかったが, 走速度と床反力の鉛直成分の間には有意な正の相関関係が認

められた。スタート局面および初期加速局面における走速度と有意な相関関係が認められた床反力の比率は、進行方向に身体の前面を向けた姿勢でのスタートによって測定されたものに比べ高い値を示した。このことから、通常のスプリントのスタートに比べ、野球のスプリントのスタート時には、床反力における推進成分の割合が増大することが明らかとなった。また、床反力の推進成分と鉛直成分が走速度に貢献する大きさは、加速局面をさらに細分化したスタート局面および初期加速局面と移行局面において異なる可能性が考えられ、高い走速度を獲得するために、局面に応じたトレーニングを行う重要性が示唆された。

参考文献

- ・ Axe MJ (1998) Overview of the principles of conditioning and training, *Injuries in Baseball*, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, 527-531
- ・ Coleman E, Amonette W (2012) Pure acceleration is the primary determinant of speed to first-base in Major-League-Baseball game situation, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1455-1460
- ・ Coleman E, Lasky L (1992) Assessing running speed and body composition in professional baseball players, *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(4), 207-213
- ・ Coleman E, Dupler TL (2004) Changes in running speed in game situations during a season of major league baseball, *Journal of Exercise Physiology*, 7(3), 89-93
- ・ Coleman E, Dupler TL (2005) Differences running speed among major league baseball players in game situations, *Journal of Exercise Physiology*, 8(2), 10-15
- ・ Delecluse C (1997) Influence of strength training on sprint running performance, *Sports Medicine*, 24(3), 147-156
- ・ Hoffman JR, Vazquez J, Pichardo N, Tenenbaum G (2009) Anthropometric and performance comparison in professional baseball players, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2173-2178
- ・ Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(2), 261-271
- ・ Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ (2005) Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration, *Journal of Applied Biomechanics*, 21, 31-43
- ・ 生田香明, 猪飼道夫 (1972) 自転車エルゴメーターによるMaximum Anaerobic Powerの発達の研究, *体育学研究*, 17(3), 151-157
- ・ 生田香明, 栗原崇志, 中塘二三生, 播本定彦 (1984) スプリント・トレーニングが疾走能力および敏捷性・筋力・パワーに与える効果, *体育学研究*, 29(3), 227-235
- ・ 生田香明, 根木哲郎, 栗原崇志, 中塘二三生, 播本定彦 (1981) 敏捷性・筋力・パワーからみた短距離疾走能力, *体育学研究*, 26(2), 111-117
- ・ 生田香明, 渡部和彦, 大築立志 (1972) 50m疾走におけるパワーの研究, *体育学研究*, 17(2), 61-67
- ・ 加藤謙一, 山中任広, 宮丸凱史, 阿江通良 (1992) 男子高校生の疾走能力および最大無酸素パワーの発達, *体育学研究*, 37, 291-304
- ・ Kawamori N, Newton R, Nosaka K (2014) Effect of weight sled towing on ground reaction force during the acceleration phase of sprint running, *Journal of Sports Sciences*, 32(12), 1139-1145
- ・ Kawamori N, Nosaka K, Newton R (2013) Relationships between ground reaction impulse and sprint acceleration performance in team Sport Athletes, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 568-573
- ・ Kristensen GO, Tillaar R, Ettema G (2006) Velocity specificity in early-phase sprint training, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 833-837
- ・ McFarlane B (1993) A basic and advanced technical model for speed, *Strength and Conditioning Journal*, 15(5), 57-61
- ・ Mero A (1988) Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(2), 94-98
- ・ Mero A, Komi PV, Gregor RJ (1992) Biomechanics of sprint running, A Review, *Sports Medicine*, 13(6), 376-392
- ・ Morin JB, Edouard P, Samozino P (2011) Technical ability of force application as a determinant factor of

- sprint performance, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(9), 1680-1688
- Munro CF, Miller DI, Fuglevand AJ (1987) Ground reaction forces in running, *Journal of Biomechanics* 20, 147-155
 - Murphy AJ, Lockie RG, Coutts AJ (2003) Determinants of early acceleration in field sport athletes, *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(4), 144-150
 - Nakata H, Nagami T, Higuchi T, Sakamoto K, Kanosue K (2013) Relationship between performance variables and baseball ability in youth baseball players, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2887-2897
 - 鍋谷清治 (2007) 野球のデータの統計的分析, *日本統計学会誌*, 36(2), 91-115
 - Nigg BM, Bahlsen HA, Luethi SM, Stokes S (1987) The influence of running velocity and midsole hardness on external impact forces in heel-toe running, *Journal of Biomechanics*, 20, 951-959
 - Penfold L, Jenkins DG (1996) Training for speed, *Training for speed and endurance*, Allen & Unwin, Sydney, 24-41
 - Pfeiffer RD, Francis RS (1986) Effects of strength on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males, *Physician and Sportsmedicine*, 14(9), 134-143
 - Randell AD, Cronin JB, Keogh JWL, Gill ND (2010) Transference of strength and power adaptation to sports performance – Horizontal and vertical force production, *Strength and Conditioning Journal*, 32(4), 100-106
 - Schmolinsky G (2000) Track and Field, *The East German Textbook of Athletics*, Sport Books, Tronto
 - Sheppard JM (2003) Strength and conditioning exercise selection in speed development, *Strength and Conditioning Journal*, 25(4), 26-30
 - Szymanski DJ, Fredrick GA (2001) Baseball (Part II) A periodized speed program, *Strength and Conditioning Journal*, 23(2), 44-52
 - 辻野昭 (1966) 短距離走におけるキックについて, *体育の科学*, 16, 575-581
 - Twist PW, Benicky D (1996) Conditioning lateral movement for multi-sport athletes, *Practical strength and quickness drills*, *Strength and Conditioning Journal*, 18(5), 10-19
 - Volkov NI, Lapin VI (1979) Analysis of the velocity curve in sprint running, *Medicine and Science in Sports*, 11(4), 332-337
 - Weyand PG, Lin JE, Bundle MW (2006) Sprint performance-duration relationships are set by the fractional duration of external force application, *American Journal of Physiology. Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 290(3), 758-765
 - Weyand PG, Sternlight DB, Bellizzi MJ (2000) Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements, *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1991-1999
 - Wright, S, Weyand PG (2001) The application of ground force explains the energetic cost of running backward and forward, *Journal of Experimental Biology*, 204(10), 1805-1815
 - Young W, Benton D, Duthie G, Pryor J (2001) Resistance training for short sprints and maximum-speed sprints, *Strength and Conditioning Journal*, 23(2), 7-13
 - Young WB, McDowell MH, Scarlett BJ (2001) Specificity of sprint and agility training methods, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(3), 315-319